

物流センターから納品先までの 物流活動における効率化方法の検討

専修大学 商学部

岩 尾 詠一郎（いわおえいいちろう）

A Study on improvement policy which
Distribution Center to Destination

Eiichiro Iwao

1. はじめに

1. 1 研究の背景と目的

近年、商品の生産は、多品種少量が主流となってきた。この多品種少量生産は、商品サイクルを短期間化させる。そのため、最終届け先では、どのようにして在庫を減らし、かつ多品種の商品の販売場所を確保していくかが検討課題となってきた。また、この多品種少量生産にともなって、最終届け先への輸送方法は、従来の大口輸送から、必要な商品を必要なとき必要な量輸送する多頻度小口輸送へと変化してきている。

しかしながら、この多頻度小口輸送は、商品の発送元である物流センターでは、作業回数が増えるため、物流センター内作業時間が増える可能性がある。同様に、最終届け先（以下、納品先）でも、配送車両の集中台数が増えることで、納品先での納品作業回数が増え、その結果納品先での納品作業時間が増える可能性がある。

そこで本研究では、物流センターから納品先までの物流活動を効率的におこなうための、物流センター内の作業方法、配送方法および納品方法を明らかにすることを目的とする。

1. 2 研究の手順

本研究は、以下の手順で進める。

まず、①本研究で用いる用語の定義を示すとともに、本研究の範囲を示す。（2章）

次に、②既存の研究と本研究の位置付けを示す。（3章）

そして、③本研究における物流活動の効率化方法の考え方を、物流センター内作業、配送、納品作業別に示す。（4章）

最後に、物流センター内作業から納品作業までの一連の物流活動を、シミュレータで再現し、4章で示した、効率化方法を実施した場合の、物流活動時間の変化を明らかにし、物流活動時間短縮に効果がある効率化方法を明らかにする。（5章）

2. 本研究で用いる用語の定義と本研究の範囲

2. 1 本研究で用いる用語の定義

（1）物流センター

物流センターとは、「商品の収受、積替え、保管、発送をおこなう場所」である。本研究

では、物流センターとは、商品の保管施設であり、納品先の発注指示によって要求された商品を、納品先向けに発送するために準備をする施設とする。

（２）納品先

納品先は、物流センターから発送された商品を受け取る施設のことである。本研究では、この納品先を、最終届け先とし、この納品先から商品の発送はないものとする。

（３）物流センターから納品先までの物流活動

本研究では、物流センターで商品がピッキングされてから納品先に棚入れされるまでの活動を対象とする。このとき、これらの活動をおこなう施設としては、物流センター、納品先の２つがあり、これら２つの施設をつなぐ交通路として道路がある。

物流センターでは、納品先の発注指示にもとづき、商品を取り出し、商品を納品先へ配送する車両への積み込むまでの作業がおこなわれる。

この物流センター内での物流活動には、物流センター内で出荷指示に対して、ピッキングリストをもとに商品を在庫から集品する作業（①ピッキング作業）、商品を納品先別に分類する作業（②仕分け作業）、輸送を目的に商品をまとめる作業（③梱包作業）、および商品を配送車両へ積み込む作業（④積み込み作業）がある。

物流センターで商品を積み込まれた配送車両は、納品先に向けて、道路を利用して、商品を輸送する。この物流センターから納品先まで商品を移動させる作業を⑤配送と言う。

納品先では、物流センターから出荷された商品を、貨物車から降ろし、商品を保管すべき場所へ入れる棚入れまでの作業がおこなわれる。この納品作業を内容別に分類すると、配送の貨物車から商品を降ろす作業（⑥荷降ろし作業）、荷降ろしされた商品と発注指示データとを確かめる作業（⑦検品作業）、および商品を棚に入れる作業（⑧棚入れ作業）となる。（図 1）

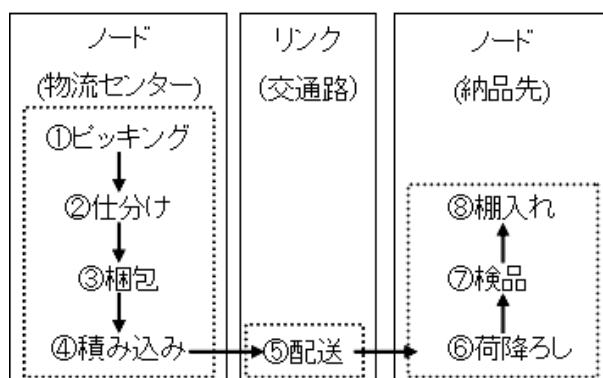


図 1 本研究の研究範囲

(4) 各施設での物流活動の内容

1) 物流センターでの物流活動の内容

物流センターでの物流活動を作業内容別に見ると、①ピッキング作業では、a. 商品の棚からの取り出し、b. ピッキングされた商品の検品、c. 仕分け場所までの商品の搬送がおこなわれる。②仕分け作業では、d. 納品先別の仕分け作業、e. 仕分けされた商品の検品、f. 仕分けされた商品の梱包場所までの搬送がおこなわれる。③梱包作業では、g. 梱包作業がおこなわれる。④積み込み作業では、h. 出荷仮置き場所までの商品の搬送、i. 仮置き、j. 配送車両への商品の積み込みがおこなわれる。(図 2)

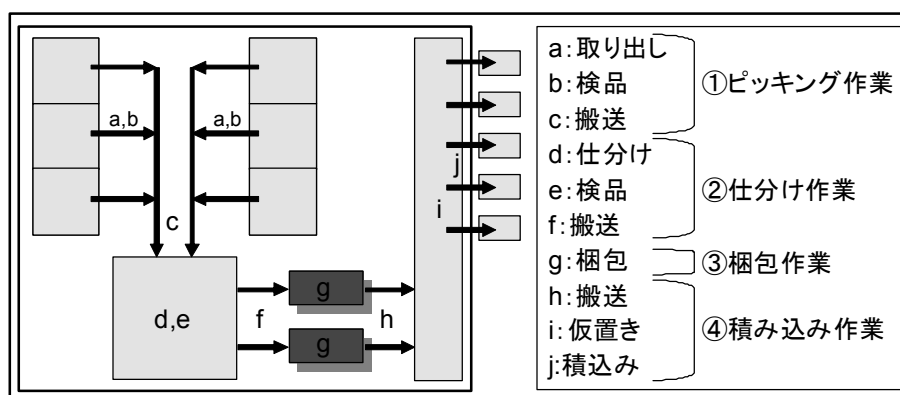


図 2 物流センターでの物流活動の内容

2) 納品先での物流活動の内容

納品先での物流活動を作業内容別に見ると、⑥荷降ろし作業では、a. 貨物車からの商品の荷降ろしがおこなわれる。⑦検品作業では、b. 荷捌き場から荷受場所までの商品の搬送、c. 検品がおこなわれる。⑧棚入れ作業では、d. 荷受場所から保管場所までの商品の搬送、e. 保管場所での棚入れがおこなわれる。(図 3)

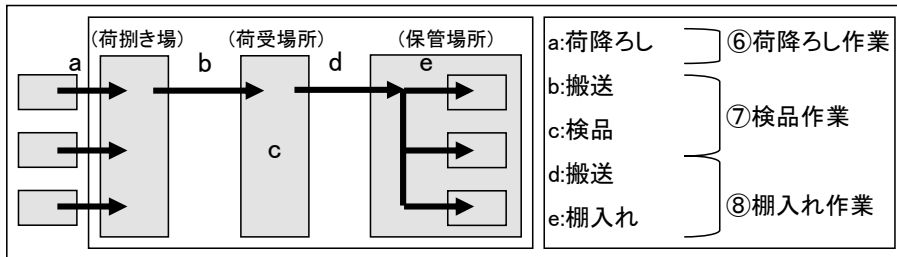


図 3 納品先での物流活動の内容

3. 既存の研究と本研究の位置付け

物流活動の効率化に関する研究について、物流センター内作業、配送、納品作業それぞれについて様々な研究がおこなわれている。

物流センター内作業については、著者ら(2009)¹⁾は、倉庫内作業に着目し、ピッキング方法別に作業員数を変更した場合の倉庫内作業時間に与える影響を明らかにしている。

配送については、配送の効率化方法として、共同配送を取り上げた研究が多くおこなわれている。具体的には、根本ら(1992)²⁾は、福岡県の天神地区を対象に、共同配送の事例から、中継地での貨物積み合わせ後の貨物車の走行するエリアでの交通量の削減効果を明らかにしている。

納品作業については、著者(2002)³⁾が、端末物流活動に着目し、納品方法を変更した場合の貨物車の駐車時間の削減効果を明らかにするとともに、端末物流施設で準備すべき荷捌き駐車スペースの数が変わることを明らかにしている。

¹⁾ 岩尾、小島、内野(2009)、「シミュレーション分析結果とデータの公開に関する研究－倉庫内作業の効率化シミュレーションを利用して－」、専修大学情報科学研究所所報、70 巻、pp. 1-10

²⁾ 根本敏則(1992)、「都市内物流の共同化の効果とその促進施策－福岡天神地区共同集配事業をケーススタディーとして－」、日本都市計画学会論文集、No27、pp. 349-354

³⁾ 岩尾(2002)、「荷捌き活動の実態調査にもとづく大規模商業施設の荷捌きシステムの導入効果に関する研究」、東京商船大学博士論文

これらの研究は、それぞれの活動（物流センター内作業、配送、納品作業）の中での効率化方法を検討しており、物流センターから納品先までの一連の物流活動を対象にして、物流活動の効率化方法を検討している研究は少ない。

これらのことから、本研究は、物流センターから納品先までの一連の物流活動の効率化方法が物流活動時間に与える影響を定量的に示しているところに特徴がある。

4. 本研究における物流効率化方法の考え方

4. 1 物流センター内作業における効率化方法の考え方

物流センター内作業における効率化方法として、本研究では、ピッキング作業を取り上げる。ピッキング作業には、トータルピッキングとシングルピッキングがある。

このうち、トータルピッキングとは、受注を集約して品種単位にまとめてピッキングする方式である。この場合、ピッキングした商品を後工程で納品先ごとに仕分け作業が生じる。なお、トータルピッキング時の物流センター内作業では、a. 商品の棚からの取り出し、b. ピッキングされた商品の検品、c. 仕分け場所までの商品の搬送、d. 納品先別の商品の仕分け、e. 仕分けされた商品の検品、f. 仕分けされた商品の梱包場所までの搬送、g. 梱包、h. 出荷仮置き場所までの搬送、i. 仮置き、j. 配送車両への商品の積み込みの 11 の作業がおこなわれる。（図 4）

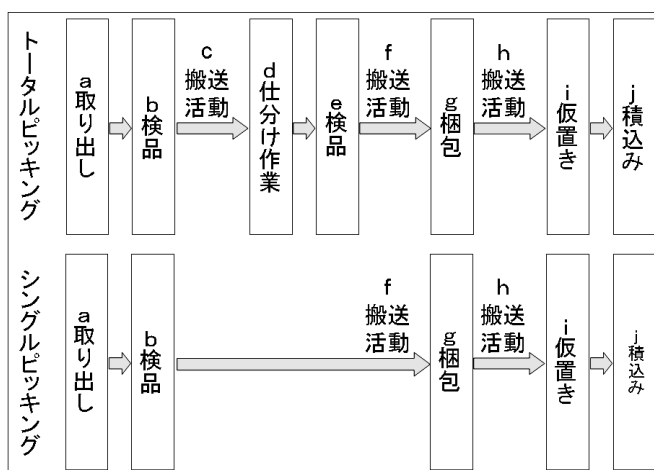


図 4 ピッキング方法別の物流活動の内容の違い

一方、シングルピッキングとは、受注単位ごとにピッキングする方式である。この場合、受注単位ごとにピッキングするため、後工程での仕分け作業が不要となる。なお、シングルピッキング時の物流センター内作業では、a. 商品の棚からの取り出し、b. ピッキングされた商品の検品、f. ピッキングされた商品の梱包場所までの搬送、g. 梱包、h. 出荷仮置き場所までの商品の搬送、i. 仮置き、j. 配送車両への商品の積み込みの 7 つの作業がおこなわれる。（図 4）

4. 2 配送における効率化方法の考え方

本研究では、納品先ごとの納品回数として、以下の 2 つのケースを設定した。

第 1 が、同一の物流センターから同一店舗へ、午前 1 回、午後 1 回のように、1 日に複数回配送されている場合である。この方法は、小売店舗、特にコンビニエンスストアで実施されている例が多い。第 2 が、納品回数が 1 日 1 回の場合である。

このとき、納品回数が少なければ、物流センターから出荷する商品量が増加する。そのため、1 回当たりの物流センター内作業時間が増加する。しかし、出荷量する商品量が増えれば、各作業をまとめて実施することができるため、総作業時間は、減少する可能性がある。荷捌き作業についても同様の効果が見込まれることが考えられる。

一方、配送では、納品回数が減少すれば、それに応じて、1 配送当たりの貨物車の積載量が増加する。そのため、車両の大きさを変更しなければ、配送車両台数が増加する可能性がある。なお、本研究では、納品回数にかかわらず、納品先には、配送車両 1 台で納品することとする。これは、同一納品先に複数の車両で納品した場合、その都度、納品先での納品作業が発生し、非効率であると考えたからである。

また、配送では、納品回数が 2 回の場合と 1 回の場合で、配送方法が異なることが考えられる。例えば納品回数が 2 回の場合は、ピストン輸送では配送車両の積載率が低いため、複数店舗の商品を配送車両に積み込んでルート配送をすると考える。一方、納品回数が 1 回の場合は、1 配送当たりの納品個数が増えるため、複数店舗に配送する場合においても、ピストン輸送をすることになる。（図 5）

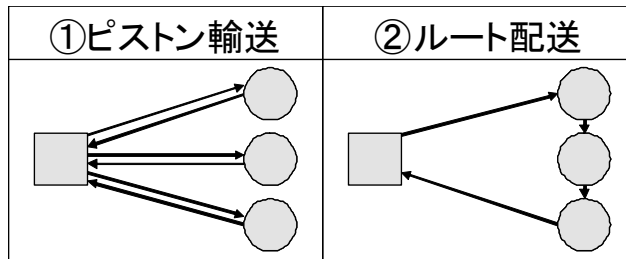


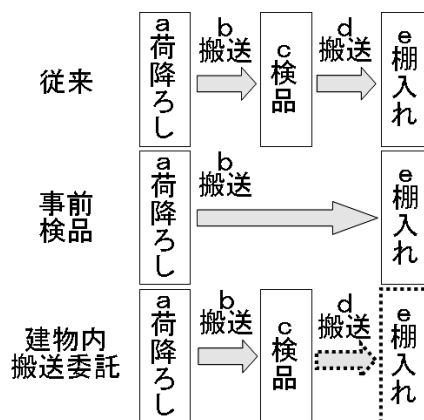
図5 ピストン輸送とルート配送の配送方法の違い

4. 3 納品作業における効率化方法の考え方

納品先での納品作業の効率化方法として、本研究では、事前検品と建物内搬送委託を取り上げる。

このうち、事前検品とは、事前に物流センターで確実に検品作業が実施され、その検品結果にもとづき、商品が納品先に確実に納品されることを前提に、納品先での検品作業を省略するものである。この事前検品を実施することで、検品作業が省略されるため、納品先での作業内容は、a. 荷降ろし、b. 搬送、e. 棚入れの3つとなる。

建物内搬送委託とは、納品先での検品作業後の搬送活動と棚入れ作業を、貨物車のドライバーではなく、納品先の作業者が実施することである。この建物内搬送の委託を実施することで、貨物車のドライバーは、検品作業以降の作業時間が短縮できるため、貨物車の駐車時間が短くなる。なお、建物内搬送委託では納品先での建物内搬送作業を納品先の作業者が実施するため、納品先のセキュリティーは上昇する。(図6)



注：建物内搬送委託の検品後の作業は、納品先の作業員がおこなう。

図6 納品方法別の物流活動の違い

建物内搬送委託実施により、作業内容に変更はない。しかし、検品以降の作業が、貨物車のドライバーから納品先の作業員に変更となる。また、建物内搬送委託の実施により、貨物車の駐車時間が短くなる。

5. シミュレーション分析

5. 1 シミュレーション分析の目的と方法

シミュレーション分析の目的は、物流センターでのピッキング方法、納品回数、および納品先での納品方法の違いが、物流センターでのピッキングから納品先での棚入れまでの物流活動時間に与える影響を明らかにすることにある。なお、本研究では、物流活動時間を、物流センターでの作業時間、配送時間、および納品先での作業時間の3つの時間の合計とする。(図7)

シミュレーション分析では、プログラミングや統計データのみに依存するのではなく、画面上にモデルを作成し、そのモデル上で必要となる箇所に数値を入力するだけでシミュレーションを実行することができる、離散系シミュレータである SIMUL8 を用いる。なお、評価指標は、物流活動時間とする。

シミュレーションの手順は、まず、①各活動にかかる時間を設定する。この各作業時間は、過去の調査結果を用いる。次に、②シミュレーションモデルを設定する。最後に、③物流センター内作業のうち、ピッキング作業と仕分け作業の作業員数と納品回数を変化させたシミュレーション分析をおこなうことで物流活動時間を求める。

5. 2 シミュレーション分析の考え方

本シミュレーションでは、商品がピッキングされてから、納品先の保管場所に棚入れされるまでの物流活動時間を比較する。また、納品先数を3として、納品先にかかわらず、納品作業内容と納品作業時間は変わらないと仮定する。

なお、ここでは、それぞれの活動時間（①ピッキング作業時間、②仕分け作業時間、③梱包作業時間、④積み込み作業時間、⑥荷降ろし作業時間、⑦検品作業時間、⑧棚入れ作業時間）は、過去の調査結果を用いる。また、配送活動時間は、配送距離と平均配送速度から求める。なお、ピッキング作業員数と仕分け作業員数は、1人から4人まで変更する。

(図8)

また、シミュレーション分析では、物流センターでのピッキングから納品先での棚入れまでの物流活動（①～⑧）を再現する。このとき、物流センターは、1カ所とする。（図9）

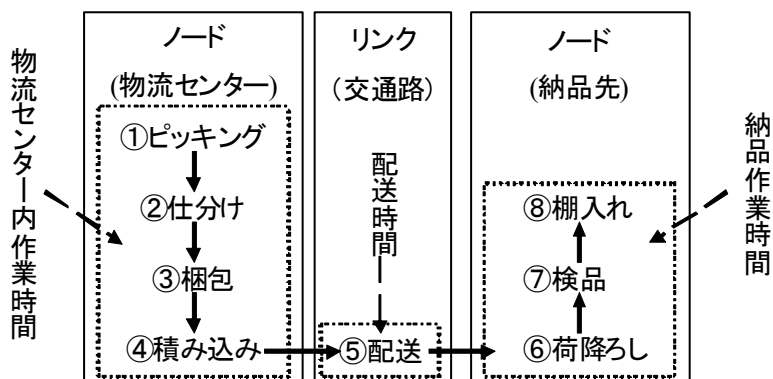


図7 物流活動時間の概念図

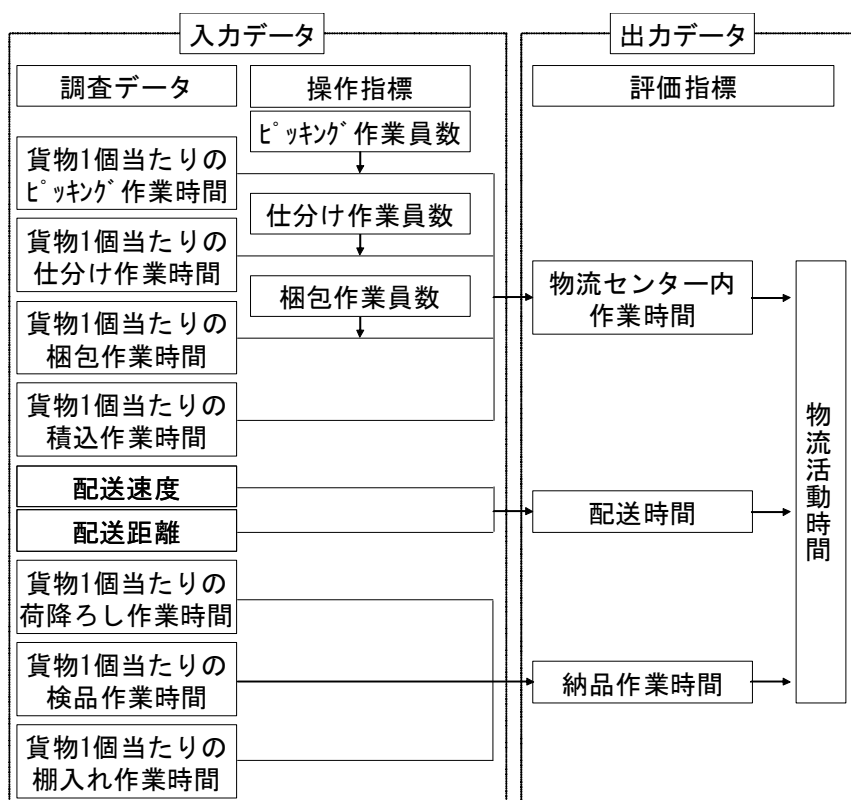


図8 シミュレーション分析の考え方

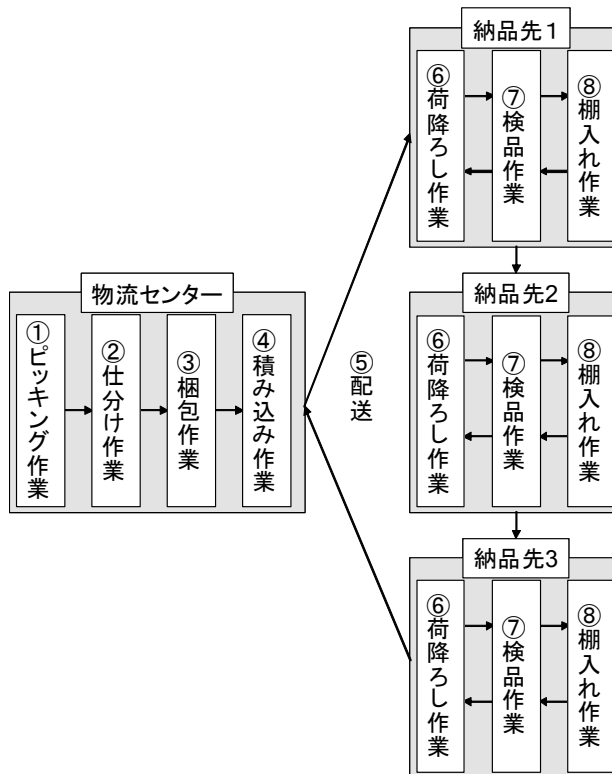


図 9 シミュレーションモデル図

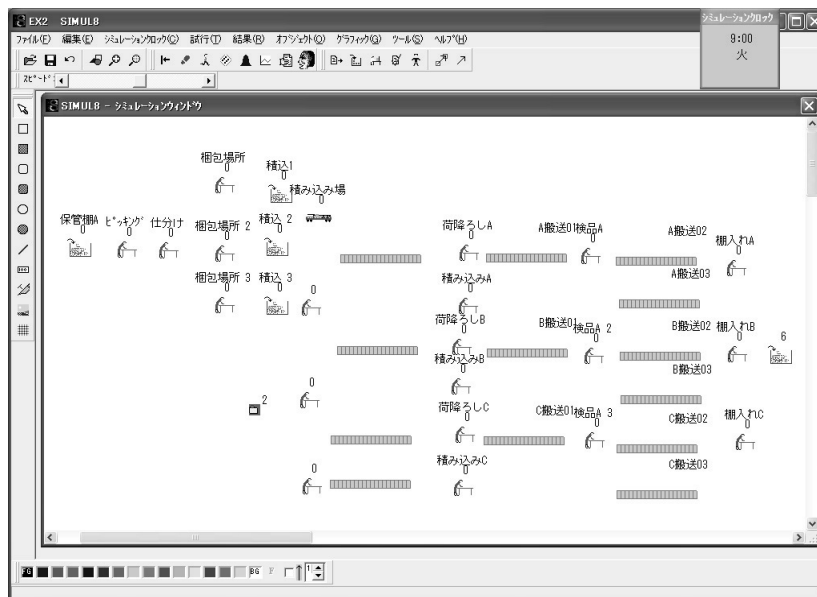


図 10 納品回数 2 回の場合のシミュレーションモデル図

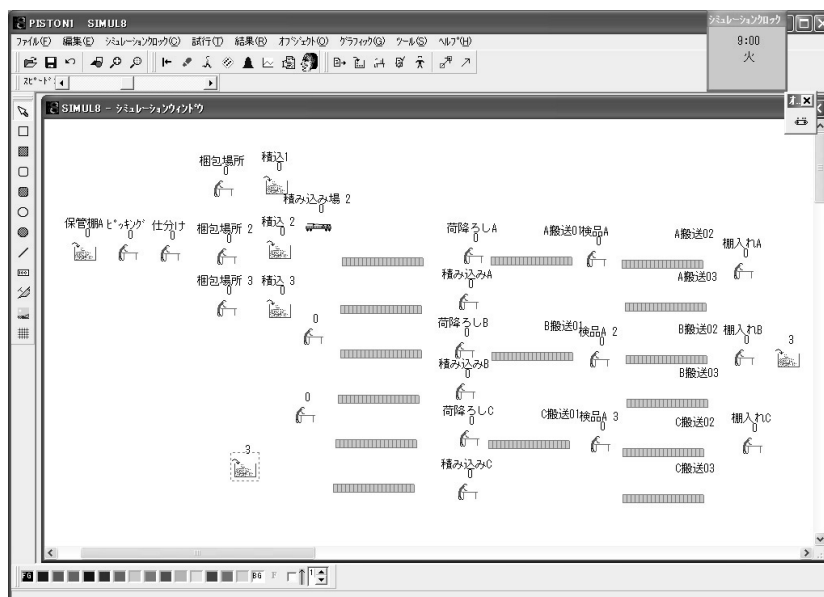


図 11 納品回数 1 回の場合のシミュレーションモデル図

5. 3 シミュレーション分析の設定

(1) 物流センター内作業

物流センター内作業のシミュレーションでは、過去の調査結果から、ピッキング方法別に、商品 1 個当たりのピッキング作業時間、仕分け作業時間、梱包作業時間、積み込み作業時間を設定した。

なお、今回対象としたセンターでは、1 店舗当たり 50 個の商品を納品することとした。また、納品先数は、3 店舗とし、1 日 2 回納品している。さらにピッキング作業と仕分け作業については作業員数を 1 人から 4 人まで変更した。(表 1)

(2) 配送

配送のシミュレーションでは、納品先の店舗数を 3 店舗、納品回数を 1 日 2 回、使用車両を 4t 車とし、1 車両当たり最大で 150 個の商品が積載可能であると設定した。配送車両の平均走行速度は、過去の調査結果から 15km/hr とする。また、物流センターと各納品先の位置と、配送距離は、図 12 に示すとおりである。

なお、配送先には、最短のルートで配送する。このとき、納品回数が 2 回の場合の配送ルートは、図 13 に示すとおり、ルート配送をする。一方、納品回数が 1 回の場合の配送ルー

トは、図 14 に示すとおり、全ての納品先にピストン輸送をする。これは、納品先への分割納品ができないと考えたためである。なお、納品回数別配送距離は、表 2 のとおりである。

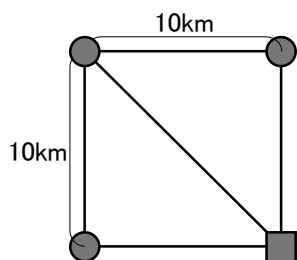
(3) 納品作業

納品作業のシミュレーションでは、過去の調査結果から、納品方法別に、商品 1 個当たりの荷降ろし作業時間、検品作業時間、棚入れ作業時間を設定した。(表 3)

なお、建物内搬送委託を実施する場合は、d. 搬送、e. 棚入れは、納品先の作業者がおこない、それ以外の作業は、配送車両のドライバーがおこなう。

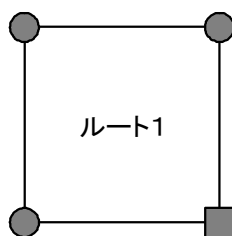
表 1 物流センター内作業の作業時間の設定

設定した指標	トータルピッキング	シングルピッキング	分布
商品 1 個当たりの ピッキング作業時間	30 秒/個	50 秒/個	一定
商品 1 個当たりの 仕分け作業時間	10 秒/個	—	一定
1 梱包当たりの 梱包作業時間	630 秒/梱包	630 秒/梱包	一定
1 納品先当たりの 積込作業時間	40 秒/納品先	40 秒/納品先	一定



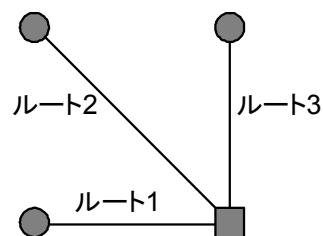
注：●：納品先
■：物流センター

図 12 物流センターと納品先の位置と距離の設定



注：●：納品先
■：物流センター

図 13 納品回数 2 回の場合の配送ルート



注：●：納品先
■：物流センター

図 14 納品回数が 1 回の場合の配送ルート

表 2 納品回数別・配送ルート別の配送距離

納品回数	ルート番号	配送距離	総配送距離
2 回	ルート 1	40.0Km	80.0Km
1 回	ルート 1	20.0Km	68.3km
	ルート 2	28.3Km	
	ルート 3	20.0Km	

表 3 納品先での納品作業時間の設定

設定した指標		従来	事前検品	建物内搬送委託	分布
1 回当たりの 荷降ろし作業時間		40 秒/回	40 秒/回	40 秒/回	一定
検品作業時間	搬送	15 秒/回	—	15 秒/回	一定
	検品	5 秒/個		5 秒/個	一定
棚入れ作業時間	搬送	15 秒/回	30 秒/回	15 秒/回	一定
	棚入れ	5 秒/個	5 秒/個	5 秒/個	一定

5. 4 シミュレーション分析の結果

(1) シミュレーションの組合せ

シミュレーションでは、物流センター内の作業方法別、配送方法別、納品先の納品作業方法別に組み合わせ、12 種類のシミュレーションモデルを作成し、物流センター内作業のうちピッキング作業と仕分け作業の作業員数を 1 人から 4 人に変更し実施した。(表 4)

表 4 シミュレーションの組合せ

	物流センター内 作業方法	配送方法	納品先の 納品方法
タイプ 1	トータル	2 回	従来
タイプ 2	トータル	2 回	事前
タイプ 3	トータル	2 回	委託
タイプ 4	シングル	2 回	従来
タイプ 5	シングル	2 回	事前
タイプ 6	シングル	2 回	委託
タイプ 7	トータル	1 回	従来
タイプ 8	トータル	1 回	事前
タイプ 9	トータル	1 回	委託
タイプ 10	シングル	1 回	従来
タイプ 11	シングル	1 回	事前
タイプ 12	シングル	1 回	委託

(2) シミュレーション分析結果

シミュレーション分析の結果、下記の 5 つことが明らかとなった。(表 5、表 6)

- ① タイプ別に見ると、物流活動時間が最小となるのは、物流センター内作業は、トータルピッキングでおこない、配送は、1 回、納品先では、建物内搬送委託を実施しているタイプ 9 である。
- ② 物流センター内のピッキング作業と仕分け作業の作業員数を増やすと、それにともない物流活動時間は、短くなる。しかし、作業員数を 2 人以上に増加させた場合の削減率は、1 人から 2 人に増加させた場合の削減率よりも低下している。このことから、ピッキング作業と仕分け作業の作業員数を 2 人以上の増員することによる、物流活動時間削減効果は、大きくないと言える。
- ③ 物流センター内作業では、ピッキング方法を、トータルピッキングからシングルピッキングに変更することで、物流活動時間が増加している。よって、今回の条件では、ピッキング方法は、トータルピッキングが有効であると言える。

- ④ 配送方法では、配送回数を１日２回から１日１回に変更した場合、納品先での納品方法が、従来通りか検品作業を省略した方法では、物流活動時間が増加する。一方で、建物内搬送を委託した場合は、物流活動時間が減少することが明らかとなった。
- ⑤ 納品先では、納品時の検品を省略した場合、検品時間のみ削減されるため、削減効果が小さく、概ね２％程度であることが明らかとなった。

表５ タイプ別・物流センターの作業員数別の
物流活動時間のシミュレーション結果

	１名	２名	３名	４名
タイプ１	454.84	432.84	430.26	430.24
	100.00%	95.16%	94.60%	94.59%
タイプ２	447.35	425.35	422.77	422.75
	98.35%	93.52%	92.95%	92.95%
タイプ３	402.21	380.21	377.79	377.68
	88.43%	83.59%	83.06%	83.04%
タイプ４	483.99	447.47	434.19	431.07
	106.41%	98.38%	95.46%	94.77%
タイプ５	476.53	440.01	426.73	423.61
	104.77%	96.74%	93.82%	93.13%
タイプ６	431.33	394.81	381.53	378.41
	94.83%	86.80%	83.88%	83.20%
タイプ７	485.07	463.09	461.30	461.30
	106.65%	101.81%	101.42%	101.42%
タイプ８	470.40	448.42	446.63	446.63
	103.42%	98.59%	98.20%	98.20%
タイプ９	322.29	300.94	298.86	298.86
	70.86%	66.16%	65.71%	65.71%
タイプ１０	513.34	478.14	464.70	461.76
	112.86%	105.12%	102.17%	101.52%
タイプ１１	498.67	463.47	450.04	447.09
	109.64%	101.90%	98.94%	98.30%
タイプ１２	350.71	315.43	302.31	298.97
	77.11%	69.35%	66.47%	65.73%

注：上段の数字は、１日の物流活動時間（分）

下段の数字は、タイプ１の１名を１００％とした場合の、各タイプ別人数別の比率

6. 結論

本研究では、物流センターから納品先までの物流活動時間を短縮させるための、物流センター内の作業方法、配送方法および納品方法を明らかにすることを目的にシミュレーション分析をおこなった。

その結果、今回設定した条件では、物流センター内作業のうち、ピッキング作業と仕分け作業にかかわる作業員数は、各作業とも2名が必要である。物流センター内でのピッキング方法は、トータルピッキングでおこなう必要がある。配送と納品先での納品活動では、物流活動時間を短くするためには、納品先での建物内の搬送活動を委託することが可能であれば、1日1回が良く、納品先での建物内搬送活動の委託が実施できないのであれば、1日2回にすべきであることが明らかとなった。

<付記>

本稿は、平成19年度専修大学個人研究助成「実態調査にもとづく倉庫から最終届け先までの物流活動の効率化の研究」による成果の一部である。